

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
9. Juni 2005 (09.06.2005)

PCT

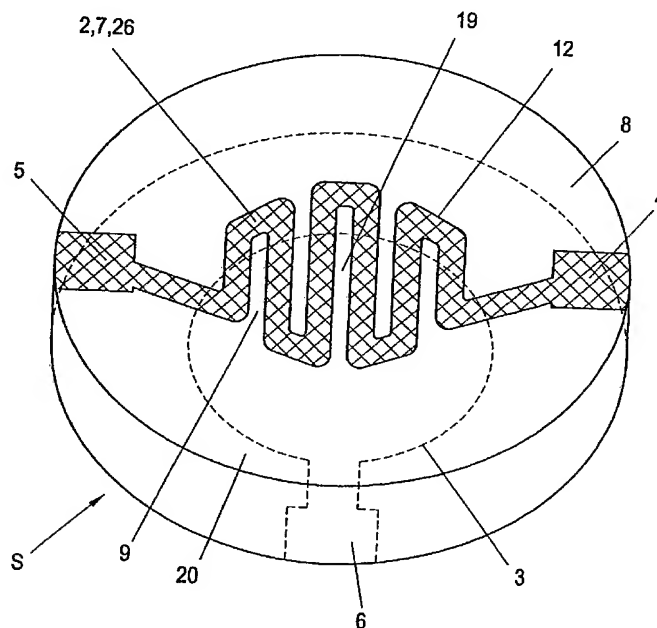
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/052554 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01N 11/16**
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2004/000409
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
22. November 2004 (22.11.2004)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
A 1895/2003 26. November 2003 (26.11.2003) AT  
A 1688/2004 11. Oktober 2004 (11.10.2004) AT
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN** [AT/AT];  
Karlsplatz 13, A-1040 Wien (AT).
- (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **JAKOBY, Bernhard**  
[AT/AT]; Schulgasse 86/11, A-1180 Wien (AT).
- (74) Anwalt: **GIBLER, Ferdinand**; Dorotheergasse 7/14,  
A-1010 Wien (AT).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SENSOR

(54) Bezeichnung: SENSOR



(57) Abstract: The invention relates to a sensor (S) for measuring a liquid viscosity consisting of at least one piezo-electrical element (1) preferably embodied in the form of a resonator and at least of one first exciting electrode (7) and a second exciting electrode (3), wherein preferably at least the first exciting electrode (7) is arranged on the sensitive surface (8) of the sensor (S) and, in order to reduce measuring time at predefined temperatures, said sensor is provided with a heating electrode (2) for heating a measurable liquid.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/052554 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

---

(57) **Zusammenfassung:** Bei einem Sensor (S) zur Messung der Viskosität einer Flüssigkeit umfassend wenigstens ein, vorzugsweise als Resonator ausgeführtes, piezoelektrisches Bauelement (1) und wenigstens eine erste Anrege-Elektrode (7) und eine zweite Anrege-Elektrode (3), wobei vorzugsweise wenigstens die erste Anrege-Elektrode (7) an einer sensitiven Oberfläche (8) des Sensors (S) angeordnet ist wird zur Verkürzung der Messzeit bei vorgebbaren Temperaturen vorgeschlagen, dass wenigstens eine Heizelektrode (2) zur Erwärmung der zu messenden Flüssigkeit vorgesehen ist.

## Sensor

Die Erfindung betrifft einen Sensor zur Messung der Viskosität einer Flüssigkeit umfassend wenigstens ein, vorzugsweise als Resonator ausgeführtes, piezoelektrisches Bauelement und wenigstens eine erste Anrege-Elektrode und eine zweite Anrege-Elektrode, wobei vorzugsweise wenigstens die erste Anrege-Elektrode an einer sensitiven Oberfläche des Sensors angeordnet ist.

Gemäss dem Stand der Technik ist die Viskositätsmessung mit mikroakustischen Bauelementen bekannt. Bei diesen Bauelementen können durch Anlegen von elektrischen Wechselspannungen an Elektrodenkonfigurationen, welche auf einem piezoelektrischen Element angebracht sind, mechanische bzw. akustische Schwingungen in eben diesem Element angeregt werden. In der Regel werden als Materialien piezoelektrische Kristalle (z.B. Quarz) aber auch piezoelektrische Keramiken verwendet. Bei den Kristallen kann durch entsprechende Auswahl der verwendeten Kristallorientierung (dem so genannten Kristallschnitt) erreicht werden, dass sich bei Anregung mit einer Wechselspannung an entsprechend angebrachten Elektroden bevorzugt Scherschwingungen an zumindest einer Kristalloberfläche ausbilden. Bei Piezokeramiken ist die Polarisierungsrichtung entsprechend zu wählen. Mit dem Begriff "Scherschwingung" werden dabei oszillierende Verformungen der Oberfläche bezeichnet, welche sich bevorzugt in der Ebene der Kristalloberfläche ausbilden (also nicht orthogonal zur Oberfläche). Wird eine derartig schwingende Kristalloberfläche mit einer viskosen Flüssigkeit in Kontakt gebracht, so wird in der Flüssigkeit eine gedämpfte akustische Scherwelle angeregt. Ist das akustische Bauelement als piezoelektrischer Resonator ausgeführt, ändern sich durch diesen Kontakt mit der Flüssigkeit die Dämpfung und die Resonanzfrequenz des Resonators in Abhängigkeit von der Dichte und der Viskosität der Flüssigkeit (siehe zum Beispiel S.J. Marlin, G.C. Frye, K.O. Wessendorf, "Sensing Liquid Properties with Thickness-Shear Mode Resonators", Sens. Act. A, vol. 44. p. 209-218, 1994). Diese beiden Änderungen bewirken entsprechende Änderungen in den elektrischen Parametern des elektrischen Ersatzschaltbildes für die Resonatorimpedanz, welche durch passende elektronische Auswerteschaltungen erfasst werden können. Auf diese Art kann die Viskosität der Flüssigkeit elektronisch erfasst werden.

Auf einem ähnlichen Prinzip basieren auch mikroakustische Bauelemente die scherpolarisierte akustische Oberflächenwellen verwenden (siehe zum Beispiel B. Jakoby, M. J. Vellekoop, "Properties of Love Waves: Applications in Sensors", Smart Mater. Struct., vol.

6, p. 668-679, 1997). Hierbei werden ebenfalls Scherwellen in der Flüssigkeit angeregt welche die elektrischen Eigenschaften des Bauelements verändern. Diese Bauelemente können ebenfalls als Resonatoren ausgebildet sein, alternativ aber auch als Verzögerungsleitungen. In diesem Fall ändern sich die Dämpfung und die Laufzeit bzw. Phase der Verzögerungsleitung mit der Viskosität und der Dichte der Flüssigkeit.

Aus der US 2002/0170341 A1 (Jakoby et al.) ist eine Messanordnung für eine Viskositätsmessung von Flüssigkeiten bekannt. Ausgehend von der Problematik, dass bei Viskositätsmessungen an aggressiven oder korrosiven Flüssigkeiten die sensitiven Oberflächen entsprechender Sensoren mittels Dichtungen abgedichtet werden, und die Belastung durch die Dichtungen die Messungen beeinflussen beschreibt die US 2002/0170341 A1 eine piezo-elektrische Sensoreinrichtung welche vollständig in der zu messenden Flüssigkeit eingetaucht ist. Es wird ein zylinderförmiger Sensor mit zwei Anrege-Elektroden beschrieben, wobei der Sensor in einem von der zu messenden Flüssigkeit durchströmten Behälter angeordnet ist.

Da die Viskosität einer Flüssigkeit in der Regel stark temperaturabhängig ist, misst man üblicherweise Viskositäts- Temperatur (VT) Charakteristiken. Dies erfordert eine zusätzliche Einheit zur exakten Temperierung der Flüssigkeit, die oft den Platzbedarf und den Preis der gesamten Messeinrichtung wesentlich erhöht. Als weiterer Nachteil ergibt sich, dass viele Flüssigkeiten eine hohe Wärmekapazität aufweisen, so dass sich je nach Größe des benötigten Probevolumens eine relativ lange Aufheizzeit ergibt.

Aufgabe der Erfindung ist es daher einen Sensor der eingangs genannten Art anzugeben, mit welchem die genannten Nachteile vermieden werden können und welcher die Zeit zur Messung der Viskosität einer Flüssigkeit bei einer vorgebaren Temperatur verkürzt, welcher einfach und kompakt aufgebaut ist, und welcher kostengünstig in der Herstellung und in der Anwendung ist.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass wenigstens eine Heizelektrode zur Erwärmung der zu messenden Flüssigkeit vorgesehen ist.

Dadurch kann die zu messende Flüssigkeit im Bereich des Sensors auf eine vorgebare Temperatur erwärmt werden. Da die Flüssigkeit direkt im Bereich des Sensors erwärmt wird, ist der gesamte Messaufbau kompakt und kostengünstig. Durch das Erwärmen der Flüssigkeit im Bereich des Sensors wird die vorgebbare Temperatur schnell erreicht, wodurch die Gesamtmesszeit wesentlich verkürzt wird.

Im Vergleich zu konventionellen Viskositätsmessungen besitzt die mikroakustische Messung den Vorteil, dass man mit vergleichsweise kleinen Probenmengen auskommt, da erstens die Eindringtiefe der gedämpften Scherwelle in die Flüssigkeit relativ klein ist (typisch in der Größenordnung von einem Mikrometer), so dass die Bedeckung des Sensors mit einem dünnen Flüssigkeitsfilm prinzipiell ausreicht und zweitens das Bauteil generell sehr klein ausgeführt werden kann, typischerweise in der Größenordnung einiger Millimeter).

In Weiterführung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die wenigstens eine Heizelektrode auf oder nächst der sensitiven Oberfläche des Sensors angeordnet ist. Dadurch kann sichergestellt werden, dass direkt der von der Messung betroffenen Teil der Flüssigkeit erwärmt wird, und nicht andere Teile der Flüssigkeit, welche für die Messung belanglos sind.

In diesem Zusammenhang kann vorgesehen sein, dass die wenigstens eine Heizelektrode mit der ersten Anrege-Elektrode einstückig ausgebildet ist. Dadurch kann auf eine zusätzliche Elektrode verzichtet werden, und es ist sichergestellt, dass die Erwärmung der Flüssigkeit nächst dem Ort der Messung erfolgt. Dadurch wird noch zusätzlich Messzeit eingespart.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die wenigstens eine Heizelektrode eine, einen Mittenbereich, vorzugsweise eine Mitte, insbesondere einen Mittelpunkt, aufweisende, Fläche aufspannt und im Betriebstemperaturbereich eine über die Fläche annähernd gleichmäßige Temperaturverteilung aufweist. Durch eine gleichmäßige Temperatur der zu messenden Flüssigkeit kann sichergestellt werden, dass die gemessene Viskosität auch tatsächlich der Viskosität der Flüssigkeit bei dieser Temperatur entspricht.

In Weiterführung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die wenigstens eine Heizelektrode eine Mäanderform aufweist. Dadurch kann die zu erwärmende Fläche entsprechend den Anforderungen hinsichtlich der Temperaturverteilung über die Fläche einfach gestaltet werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die wenigstens eine Heizelektrode wenigstens zwei Bereiche unterschiedlichen Widerstandes pro Längeneinheit aufweist. Dadurch kann wenigstens ein Bereich stärker oder schwächer erwärmt werden als ein anderer Bereich. Dadurch kann eine vorgebare Temperaturverteilung über die Fläche erreicht werden.

Gemäß wieder einer anderen Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die wenigstens eine Heizelektrode wenigstens zwei Bereiche unterschiedlichen Querschnitts aufweist. Dadurch können auf einfache Weise bei einer Heizelektrode, welche im Ganzen aus

einem Material gefertigt ist, Bereiche mit unterschiedlichem Widerstand pro Längeneinheit realisiert werden.

Eine Variante der Erfindung kann darin bestehen, dass der Widerstand pro Längeneinheit der wenigstens einen Heizelektrode von deren Entfernung zum Mittenbereich, vorzugsweise zur Mitte, insbesondere zum Mittelpunkt, abhängig ausgebildet ist. Dadurch kann der üblicherweise vorherrschenden Temperaturverteilung beheizter Flächen, welche eine wesentlich höhere Temperatur in der Mitte der beheizten Fläche aufweist, hinsichtlich einer weitestgehend homogenen Temperaturverteilung ausgeglichen werden, da der Widerstand pro Längeneinheit den Grad der Erwärmung der Heizelektrode bestimmt.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Widerstand pro Längeneinheit der wenigstens einen Heizelektrode vom Mittenbereich, vorzugsweise von der Mitte, insbesondere vom Mittelpunkt, zu einem Randbereich ansteigend ausgebildet ist. Dadurch wird der Rand stärker erwärmt als die Mitte der Fläche wodurch sich über die Fläche eine homogenere Temperaturverteilung einstellt, als bei gleichmäßiger Beheizung der Fläche. Bei Messungen der Viskosität mit einem mikroakustischen Bauelement dringen die akustischen Wellen nur sehr wenig in die zu messende Flüssigkeit ein. Daher, und aufgrund der eher geringen Wärmeleitfähigkeit der meisten Flüssigkeiten, kann davon ausgegangen werden, dass die Temperaturverteilung in der Flüssigkeit unmittelbar oberhalb der beheizten Fläche und im Bereich der Eindringtiefe der akustischen Wellen der Temperaturverteilung der beheizten Fläche entspricht.

In Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass ein Temperaturmesssensor vorgesehen ist. Dadurch kann auf dem Sensor auch die tatsächlich an der Flüssigkeit vorherrschende Temperatur festgestellt werden.

Eine andere mögliche Ausführungsform kann darin bestehen, dass der Temperaturmesssensor die wenigstens eine Heizelektrode umfasst. Dadurch kann die ohnedies vorhandene Heizelektrode ebenfalls zur Temperaturmessung herangezogen werden, wodurch ein gesonderter Bauteil entfällt.

Gemäß einer weiteren Ausbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass wenigstens eine der Anrege-Elektroden und/oder die wenigstens eine Heizelektrode mit einer Isolationsschicht überzogen ist. Dadurch kann die Flüssigkeit von der oder den Elektroden elektrisch bzw. galvanisch getrennt werden. Dies ist vor allem bei elektrisch leitfähigen Flüssigkeiten sinnvoll. Hinzu kommt, dass eine nichtleitende Flüssigkeit ein Dielektrikum darstellt, dessen

kapazitive Wechselwirkungen mit den mit Wechselspannung betriebenen Anrege-Elektroden die Messungen beeinflussen könnten.

Die Erfindung betrifft weiters eine Vorrichtung zur Messung der Viskosität von Flüssigkeiten, wobei ein erfindungsgemäßer Sensor vorgesehen ist. Dadurch lassen sich alle genannten Vorteile eines derartige Sensors auf eine Vorrichtung zur Messung der Viskosität von Flüssigkeiten übertragen.

Die Erfindung betrifft weiters ein Verfahren zur Messung der Viskosität von Flüssigkeiten, bei dem wenigstens eine sensitive Oberfläche eines Sensors mit der zu messenden Flüssigkeit in Kontakt gebracht wird, der Sensor durch Anlegen einer Wechselspannung in Schwingungen versetzt wird, und aus Messwerten der elektrischen Parameter, vorzugsweise Spannung und Strom, ein Viskositätswert der Flüssigkeit ermittelt wird.

Bei den bekannten Verfahren zur Viskositätsmessung bei Flüssigkeiten ist es üblich diese in Abhängigkeit der Flüssigkeitstemperatur zu ermitteln. Dabei ist es notwendig die Flüssigkeit auf die Messtemperatur zu erwärmen. Da die meisten Flüssigkeiten eine relativ hohe Wärmekapazität aufweisen ist damit auch eine relativ lange Aufwärmzeit zwischen den einzelnen Messungen verbunden. Ein derartiges Messprozedere ist daher äußerst langwierig. Hinzu kommt, dass erhebliche Mengen der zu messenden Flüssigkeit benötigt werden.

Aufgabe der Erfindung ist es daher ein Verfahren zur Viskositätsmessung bei Flüssigkeiten der vorstehend genannten Art anzugeben, mit welchem die genannten Nachteile vermieden werden können und welches Messungen in wesentlich verkürzter Zeit ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass die Flüssigkeit durch eine Heizelektrode im Bereich der sensitiven Oberfläche erwärmt wird.

Dadurch wird lediglich der für die Messung relevante Teil der Flüssigkeit erwärmt. Dies geht in verhältnismäßig kurzer Zeit vonstatten und benötigt wesentlich weniger Energie als das Erwärmen einer großen Menge Flüssigkeit. Hinzu kommt, dass bei einem derartige Verfahren zur Viskositätsmessung bei Flüssigkeiten lediglich eine geringe Menge an Flüssigkeit notwendig ist um das Verfahren durchführen zu können. So kann es ausreichend sein, lediglich die sensitive, und beheizte Oberfläche des Sensors mit der zu messenden Flüssigkeit zu bestreichen.

In Weiterführung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Temperatur der Flüssigkeit gemessen wird. Dadurch stehen die für den Bezug der Messung wichtigen Temperaturwerte der Messung ebenfalls zur Verfügung.

Eine Variante der Erfindung kann darin bestehen, dass bei Erreichen einer vorgebbaren Temperatur die Erwärmung der Flüssigkeit unterbrochen wird, die elektrischen Parameter gemessen werden und der Viskositätswert der Flüssigkeit ermittelt wird. Dadurch findet während der Messung keine weitere Erwärmung statt. Aufgrund der hohen Wärmekapazität der Flüssigkeit kühlt sich diese in der nur kurzen Messphase nicht merklich bzw. messbar ab. Dadurch kann auch eine zusätzliche Polarisierung des piezoelektrischen Bauelements ausgeschlossen werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Viskositätswerte der Flüssigkeit für eine Mehrzahl vorgegebbarer Temperaturen ermittelt wird. Dadurch können Aussagen über die Viskosität einer Flüssigkeit bei verschiedenen, vorgebbaren Temperaturen getroffen werden.

In diesem Zusammenhang kann vorgesehen sein, dass aus den einzelnen der Viskositätswerten der Flüssigkeit an den vorgebbaren Temperaturen ein Verlauf der Viskosität der Flüssigkeit über der Temperatur gebildet wird. Dadurch kann aus den ermittelten Viskositätswerten der Flüssigkeit auf deren Viskosität in den dazwischenliegenden Bereichen geschlossen werden.

Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen, in welchen besonders bevorzugte Ausführungsformen dargestellt sind, näher beschrieben. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine erste besonders bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Sensors mit einer ersten Ausführungsform einer Heizelektrode im Schrägriss;

Fig. 2 ein Sensor gemäß Fig. 1 in Draufsicht;

Fig. 3 ein Sensor gemäß Fig. 1 in Untersicht;

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Ansteuerung eines Sensors gemäß Fig. 1;

Fig. 5 eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Sensors mit einer zweiten Ausführungsform einer Heizelektrode im Schrägriss;

Fig. 6 eine dritte Ausführungsform einer Heizelektrode;

Fig. 7 eine vierte Ausführungsform einer Heizelektrode;

Fig. 8 eine fünfte Ausführungsform einer Heizelektrode; und

Fig. 9 eine sechste Ausführungsform einer Heizelektrode.

Die Fig. 1 bis 5 zeigen zwei besonders bevorzugte Ausführungsformen erfindungsgemäßer Sensoren S zur Messung der Viskosität einer Flüssigkeit umfassend wenigstens ein, vorzugsweise als Resonator ausgeführtes, piezoelektrisches Bauelement 1 und wenigstens eine erste Anrege-Elektrode 7 und eine zweite Anrege-Elektrode 3, wobei vorzugsweise



wenigstens die erste Anrege-Elektrode 7 an einer sensitiven Oberfläche 8 des Sensors S angeordnet ist, und wobei wenigstens eine Heizelektrode 2 zur Erwärmung der zu messenden Flüssigkeit vorgesehen ist.

In den Figuren sind die sichtbaren Oberflächen der ersten Anrege-Elektrode 7, der zweiten Anrege-Elektrode 3 und der Heizelektrode 2 doppelt schraffiert ausgeführt. Dies dient der besseren Abhebung der Elektroden 2, 3, 7 von der Umgebung.

Ein erfindungsgemäßer Sensor S kann mit kosteneffizienten Verfahren der Mikrotechnologie hergestellt werden. Verglichen mit konventionellen Viskosimetern bzw. den in diesen eingesetzten Sensoren, kann ein erfindungsgemäßer Sensor S insbesondere in großen Stückzahlen vergleichsweise günstig hergestellt werden und kommt durch das Messprinzip mit einer geringen Probenmenge aus. Durch die erfindungsgemäß integrierte Heizelektrode 2, und vorzugsweise durch den integrierten Temperaturmesssensor 26, kann die für die Messung relevante Flüssigkeitsschicht an der sensitiven 8 Oberfläche schnell und kontrolliert erwärmt werden, wodurch sich, verglichen mit konventionellen Verfahren, eine geringere Gesamt-Messzeit ergibt. Dadurch kommt das gesamte System mit einer wesentlich geringeren Heizleistung als konventionelle Geräte aus.

Unter Flüssigkeit wird im Sinne der Anmeldung ein Fluid verstanden. Auch die Messung der Viskosität von Stoffen, welche bei typischen Umgebungstemperaturen fest und/oder gasförmig sind, etwa die meisten Metalle oder Gase wie etwa Stickstoff, kann in den Temperaturbereichen in denen der Stoff bzw. das Material flüssig ist vorgesehen sein.

Fig. 1 zeigt einen Schrägriss einer ersten besonders bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Sensors S. Der Sensor S, ausgeführt als Dickenserschwinger besteht aus einem piezoelektrisches Bauelement 1, welches in der ersten bevorzugten Ausführungsform als kreisförmiges Plättchen aus piezoelektrischem Material (z.B. aus Quarz mit Kristallorientierung entsprechend dem bekannten AT-Schnitt) ausgeführt ist. Erfindungsgemäß kann der Sensor S jedoch auch andere Formen aufweisen, beispielsweise die eines Quaders mit unterschiedlichen Grundflächen, wie etwa ein Quadrat oder ein Rechteck. An den beiden Oberflächen sind leitfähige Strukturen, z B. Metallisierungen, aufgebracht. Ein erfindungsgemäßer Sensor S weist wenigsten eine erste Anrege-Elektrode 7 und eine zweite Anrege-Elektrode 3 auf. Hinzu kommt wenigstens eine Heizelektrode 2. In der bevorzugten Ausführung sind die Anrege-Elektroden 3, 7 und die Heizelektrode 2 auf oder nächst der wenigstens einen sensitiven Oberfläche 8 angeordnet. Die in Fig. 1 dargestellte erste besonders bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Sensors S

weist eine Heizelektrode 2 auf, welche mit der ersten Anrege-Elektrode einstückig ausgeführt ist. Die Heizelektrode weist dabei bevorzugt eine Mäanderform auf. Es können aber, wie in weiterer Folge noch dargelegt auch andere Formen der Heizelektrode 2 vorgesehen sein. Die zweite Anrege-Elektrode 3 ist in Fig. 1 lediglich strichliert dargestellt. Fig. 3 zeigt die zweite Anrege-Elektrode 3 welche in der ersten besonders bevorzugten Ausführungsform eines Sensors S kreisförmig ausgeführt ist. Es kann auch vorgesehen sein, die zweite Anrege-Elektrode 3 ebenfalls einstückig mit einer Heizelektrode 2 auszuführen. Dies kann vorteilhaft sein, wenn der Sensor S vollständig von der zu messenden Flüssigkeit umschlossen ist. Daher kann auch vorgesehen sein, dass die zweite Anrege-Elektrode 3 sämtliche Formen einer Heizelektrode 2 aufweisen kann. Dies kann auch unabhängig von der einstückigen Ausführung der zweiten Anrege-Elektrode 3 und einer Heizelektrode 2 vorgesehen sein.

Die Anrege-Elektroden 3, 7 und/oder die Heizelektrode 2 können jeden leitfähigen Werkstoff, vorzugsweise Metalle, umfassen. Besonders bevorzugte Metalle für den Einsatz bei Anrege-Elektroden 3, 7 sind Gold, Chrom, Kupfer, Silber, Rhodium oder Aluminium. Besonders bevorzugte Metalle für den Einsatz bei der Heizelektrode 2 sind die vorgenannten Metalle, sowie Metalle mit einem hohen spezifischen Widerstand, etwa Mangan, Titan oder eine Widerstandslegierung gemäß DIN 17 471.

Fig. 2 zeigt die Mäanderform der einstückig ausgeführten ersten Anrege-Elektrode 7 und der Heizelektrode 2 der ersten besonders bevorzugten Ausführungsform.

Die Anrege-Elektroden 3, 7 bzw. die Heizelektrode 2 werden über leitfähige Kontaktflächen 4, 5, 6 kontaktiert. Zur Erwärmung der Struktur wird eine Heizspannung, vorzugsweise eine Gleichspannung  $V_H$  an die Anschlüsse 4 und 5 angelegt. Die entsprechende Oberfläche 8 des Sensors wird daraufhin erwärmt. Die Flüssigkeit kann wahlweise nur mit der direkt beheizten oder mit beiden Sensoroberflächen in Kontakt gebracht werden. Im letzteren Fall ist bevorzugt vorgesehen das Erwärmen des ganzen Sensors S abzuwarten bevor eine Messung vorgenommen wird.

Zur Anregung von mechanischen Schwingungen wird eine Wechselspannung  $V_{AC}$  einerseits an Heizelektrode 2 bzw. die erste Anrege-Elektrode 7 (d.h. die Anschlüsse 4 und 5) und andererseits an die zweite Anrege-Elektrode 3 auf der anderen Seite angelegt 6. Die Heizelektrode 2 fungiert wie dargelegt auch als erste Anrege-Elektrode 7 zur Anregung der akustischen Schwingungen. Zur Trennung des Heizstromkreises und des Wechselspannungsstromkreises können z.B. Kapazitäten 13, 14 und/oder Induktivitäten 15, 16 (oder Widerstände) verwendet werden, wie in einem in Fig. 4 dargestellten

Ausführungsbeispiel veranschaulicht. Die Gleichspannung zur Heizung wird dabei bevorzugt aus einer Heizspannungsquelle 10, zugeführt welche über Induktivitäten 15,16 zur Entkopplung von der Quelle 10 von der applizierten Wechselspannung dienen (diese können auch entfallen). Die Wechselspannung 11 wird bevorzugt über Kapazitäten 13, 14 zugeführt. Diese verhindern den gleichspannungsmäßigen Kurzschluss der Heizwindung. Zur Erfassung der Viskosität wird in diesem Fall die durch das Verhältnis  $V_{AC}$  zum Strom  $I_{AC}$  definierte Impedanz herangezogen, wobei der Sensor S in den bevorzugten Ausführungen im Bereich der mechanischen Resonanzfrequenz betrieben wird. Die Darstellung der Anregung durch eine Wechselspannungsquelle ist in diesem Zusammenhang als schematisch zu verstehen. Es kann bevorzugt vorgesehen sein, die Sensoren in Schaltkreisen (z.B. Oszillatoren oder ein Regelkreis) einzusetzen, welche sich automatisch auf die Resonanzfrequenz einstellen.

Fig. 5 zeigt eine zweite besonders bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Sensors S als Verzögerungsleitung wie sie für Sensoranwendungen in Flüssigkeiten verwendet werden kann, weitere Erläuterungen zu dem zugrunde liegenden Bauelement finden sich zum Beispiel in B. Jakoby and M. J. Vellekoop, "Analysis and optimization of Love wave liquid sensors," IEEE Trans. on Ultrason., Ferroelec., and Freq. Contr., vol. 45, pp. 1293-1302, September 1998. Im Prinzip basiert das Bauelement auf einem piezoelektrischen Substrat, z.B. Quarz 20 wobei die Kristallorientierung so gewählt wird, dass Scherwellen elektrisch angeregt werden können. Die Anregung erfolgt über so genannte Interdigitalwandler 21 welche durch entsprechende Metallisierungen auf dem Substrat realisiert werden. Bei der Anwendung als Verzögerungsleitung wird ein Interdigitalwandler durch eine Quelle 24 gespeist, während der andere als Empfänger dient an den beispielsweise ein Verbraucher 25, z.B. ein Messgerät, angeschlossen ist. Die Dämpfung und Verzögerung (bzw. elektrische Phase) zwischen Ein- und Ausgangssignal dieser so definierten Verzögerungsleitung können bei der Anwendung als Sensor S elektrisch ausgewertet werden. Um eine Führung der Scherwelle an der Oberfläche zu erreichen, kann bevorzugt zusätzlich eine Wellenleiterschicht 22 aufgebracht werden (zum Beispiel aus Siliziumdioxid), welche – ähnlich einem optischen Wellenleiter – die Welle an der Oberfläche gebunden führt, man spricht hier von sogenannten „Love-Wellen“. Aufgrund dieser elektrisch isolierenden Schicht ist es auch möglich, auf dieser Wellenleiterschicht eine weitere elektrisch leitende Schicht aufzubringen, welche die Interdigitalwandler von der Flüssigkeit elektrisch abschirmt (diese Idee ist in der oben genannten Veröffentlichung von Jakoby et. al. näher beschrieben). Es kann erfindungsgemäß vorgesehen sein diese Schirmung als Heizelektrode 2 auszuführen,

z.B. durch enggeführte leitfähige Wendeln 23, sodass Schirmwicklung und Heizelektrode 2 in ein und derselben Schicht funktionell kombiniert werden können.

Die Viskosität von Flüssigkeiten ist stark temperaturabhängig. Daher kann in den bevorzugten Ausführungsformen vorgesehen sein einen Temperatursensor 26 in den Sensor S zu integrieren, und/oder an der Oberfläche des Sensors S anzuordnen. Dadurch kann die Temperatur der Flüssigkeit direkt am Sensor S bzw. die Oberflächentemperatur des Sensors S erfasst werden.

Da die Eindringtiefe der akustischen Wellen, mit welchen gemessen wird sehr gering ist, ist es ausreichend lediglich die Flüssigkeit im Bereich des Sensors S auf die vorgebbare Temperatur zu erwärmen. Durch die geringe Menge an Flüssigkeit, welche erwärmt werden muss, kann davon ausgegangen werden, dass dies sehr schnell erfolgt und dass die Oberflächentemperatur des Sensors S der Temperatur der bei der Messung beteiligten Flüssigkeit entspricht. In den besonders bevorzugten Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass der Temperaturmesssensor 26 die wenigstens eine Heizelektrode 2 umfasst. Dabei wird die Heizelektrode 2 selbst zur Temperaturmessung verwendet. Die Temperatur kann dabei etwa durch Messung des sich mit der Erwärmung ändernden Widerstandes der Heizelektrode 2 erfolgen. Es kann jedoch auch jede andere Art der Temperaturmessung 26 vorgesehen sein, etwa mittels eines Thermoelements.

Die Fig. 6 bis 9 zeigen unterschiedliche Ausführungsformen der Heizelektrode 2 erfindungsgemäßer Sensoren S. Es sei an dieser Stelle festgestellt, dass sich die Erfindung nicht auf die beschriebenen Ausführungsformen von Heizelektroden 2 beschränkt. Vielmehr kann jede vorteilhafte Ausführungsform vorgesehen sein. Die in den Fig. 6 bis 9 dargestellten Ausführungsformen zeigen lediglich einen geringen Querschnitt der möglichen Ausführungsformen. Die Fig. 6 bis 9 zeigen dabei nur die Ausführung der Heizelektrode 2 eines Sensors S. Die weiteren gegenständlichen Details eines erfindungsgemäßen Sensors S wurden in den entsprechenden Figuren nicht dargestellt.

Es ist bevorzugt vorgesehen, dass die Heizelektrode 2 eine Fläche 9 aufspannt. Diese Fläche 9 wird, z.B. bei einer mäanderförmigen Heizelektrode 2 durch die Umhüllende der äußeren Wendepunkte der einzelnen Mäander gebildet. Allgemein kann festgestellt werden, dass die Fläche 9 derart ausgebildet ist, dass sie die Heizelektrode 2 vollständig umschließt. Die Fläche 9 kann jede beliebige Form aufweisen. Bevorzugt sind solche Heizelektrodenanordnungen, welche sich über eine symmetrische oder teilsymmetrische Fläche 9 erstrecken. Eine derartige Fläche 9 weist einen Mittenbereich 17, vorzugsweise eine

Mitte 18, insbesondere einen Mittelpunkt 19, auf. Abhängig von der konkreten Formgebung der Fläche 9 wird diese einen Mittelpunkt 19 bzw. einen Mittenbereich 17 aufweisen. In der Folge wird um der Einfachheit willen lediglich von der Mitte 18 gesprochen.

Bei den bevorzugten Ausgestaltungen erfindungsgemäßer Sensoren S kann vorgesehen sein, dass dieser im Betriebstemperaturbereich eine über die Fläche 9 annähernd gleichmäßige Temperaturverteilung aufweist. Gleichmäßig beheizte oder erwärmte Flächen 9 weisen in der Regel über der Fläche 9 eine ungleichmäßige Temperaturverteilung auf, wobei vor allem der Mittenbereich 17 eine wesentlich höhere Temperatur als der Randbereich 12 aufweist. Eine derartige Temperaturverteilung über der erwärmten Fläche 9 führt bei einem Sensor S zur Viskositätsmessung bei Flüssigkeiten zu verfälschten bzw. weniger genauen Ergebnissen. Um dem entgegenzuwirken ist bei einigen besonders bevorzugten Ausführungsformen vorgesehen den Randbereich 12 stärker zu erwärmen als den Mittenbereich 17 bzw. den Bereich um die Mitte 18. Es kann daher bei besonders bevorzugten Ausführungsformen erfindungsgemäßer Sensoren vorgesehen sein, dass der Widerstand pro Längeneinheit der wenigstens einen Heizelektrode 2 von deren Entfernung E zum Mittenbereich 17, vorzugsweise zur Mitte 18, insbesondere zum Mittelpunkt 19, abhängig ausgebildet ist. Sofern die dadurch erhöhte Genauigkeit der ermittelbaren Viskositätswerte nicht notwendig ist, können auch die ebenfalls beschriebenen Ausführungsformen mit gleichmäßig beheiztem Sensor S vorgesehen sein.

Die Heizelektrode 2 wird gemäß deren Widerstand und damit entsprechend deren Verlustleistung erwärmt. Es kann daher vorgesehen sein, um einzelne Bereiche des Sensors S unterschiedlich zu anderen Bereichen zu erwärmen, dass die Heizelektrode 2 wenigstens zwei Bereiche mit unterschiedlichem Widerstand pro Längeneinheit aufweist. Der Widerstand der Heizelektrode 2 ergibt sich aus dem spezifischen Widerstand des Materials aus der diese gefertigt ist, sowie aus deren Querschnittsfläche. Es kann daher vorgesehen sein, dass die Heizelektrode 2 wenigstens zwei Bereiche unterschiedlichen Querschnitts aufweist, wobei diese Querschnittsänderung sowohl durch eine unterschiedliche Breite der Heizelektrode 2 bei gleichbleibender Dicke, durch unterschiedliche Dicke der Heizelektrode 2 bei gleichbleibender Breite, sowie durch Kombination der beiden Möglichkeiten erreicht werden kann. Zusätzlich oder unabhängig davon kann vorgesehen sein, dass die Heizelektrode 2 Bereiche mit unterschiedlichem spezifischen Widerstand aufweist, daher Bereiche welche aus unterschiedlichen Materialien gefertigt sind. Durch diese Maßnahmen kann erreicht werden, dass einzelne Bereiche der Heizelektrode 2 eine höhere oder niedrigere Temperatur aufweisen als andere Bereiche.

Bei der dritten Ausführungsform einer Heizelektrode 2 gemäß der Fig. 6 ist vorgesehen, dass eine mäanderförmig über eine Kreisfläche verlaufende Heizelektrode 2 in den Bereichen welche weiter weg von der Mitte 18 angeordnet sind, daher am Rand 12 liegen, eine geringere Breite aufweisen, wodurch die Heizelektrode 2 am Rand 12 einen höheren Widerstand als in der Mitte 18 aufweist und der Rand 12 somit stärker erwärmt wird als die Mitte 18. Dadurch stellt sich in Summe über der gesamten Fläche 9 betrachtet eine homogenere Temperaturverteilung ein als bei einer gleichmäßig erwärmten Heizelektrode 2.

Fig. 7 zeigt eine vierte Ausführungsform einer in eine kreisförmige Fläche 9 eingeschriebenen mäanderförmigen Heizelektrode 2. Die Heizelektrode 2 ist dabei spiralförmig eingedreht und wird zur Mitte 18 hin immer breiter. Wie bei der Ausführung gemäß Fig. 6 weist auch diese Ausführung der Heizelektrode 2 in der Mitte 18 einen erhöhten Leiterquerschnitt, damit einen verringerten Widerstand pro Längeneinheit und eine geringere Erwärmung der Heizelektrode 2 auf.

Fig. 8 zeigt eine fünfte Ausführungsform einer in eine kreisförmige Fläche 9 eingeschriebenen mäanderförmigen Heizelektrode 2. Die Heizelektrode 2 ist dabei mit einer über den Verlauf gleichen Breite dargestellt. Es können aber auch Ausführungen mit sich verändernden Breiten vorgesehen sein, ähnlich den Ausführungen gemäß Fig. 6 oder 7. Eine Widerstandsänderung kann bei einer Ausführung gemäß Fig. 8 beispielsweise und sofern angedacht mittels unterschiedlicher Dicke der Heizelektrode 2 oder durch Kombination von Materialien mit unterschiedlichem spezifischen Widerstand realisiert werden.

Es kann auch vorgesehen sein, bei gleichbleibendem Querschnitt und Material einer Heizelektrode 2 zwei benachbarte Heizelektroden 2 derart anzuordnen, dass auf einer bestimmten Teilfläche mehr geheizt wird als auf einer andern Teilfläche. Daher kann vorgesehen sein, dass am Rand 12 die Heizelektroden dichter beisammen liegen als in der Mitte 18.

Fig. 9 zeigt eine sechste Ausführungsform einer Heizelektrode 2, wobei die Heizelektrode 2 eine rechteckförmige Fläche 9 aufspannt und die Heizelektrode 2 bereichsweise unterschiedliche Querschnitte aufweist. Wie dargestellt kann vorgesehen sein, dass sich die Querschnitte von der Mitte 18, welche bei der Ausführung durch die Mittellinie gebildet ist, nach außen hin vermindert.

Bei den, insbesondere in den Fig. 6 bis 9, dargestellten Ausführungsformen erfindungsgemäßer Heizelektroden 2 handelt es sich um konzeptionelle und prinzipielle Veranschaulichungen der Erfindung. Diese stellen keinerlei Einschränkung hinsichtlich der

konkreten Ausführung derartiger Heizelektroden 2 dar. Vor allem die Breiten der Heizelektroden 2, aber auch der Abstand der einzelnen Bereiche einer Heizelektrode 2 zueinander sind lediglich prinzipiell dargestellt und in keinsten Weise einschränkend.

Bei allen beschriebenen Ausführungsformen erfindungsgemäßer Heizelektroden 2, bei welchen es sich lediglich um besonders bevorzugte Ausführungsformen handelt, können alle möglichen und/oder beschriebenen Möglichkeiten zur Veränderung des Widerstandes pro Längeneinheit kombiniert werden.

Alternativ zu einer bereichsweise unterschiedlichen Erwärmung einer Heizelektrode 2 können eine Mehrzahl verschiedener Heizelektroden 2 vorgesehen sein, welche unterschiedlich angeordnet sein können und jeweils unterschiedlich stark erwärmt werden.

Erfindungsgemäß sind weiters Vorrichtungen zur Messung der Viskosität von Flüssigkeiten vorgesehen, wobei ein Sensor S gemäß einer oder mehrerer der vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Ausführungsformen vorgesehen ist.

Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Messung der Viskosität von Flüssigkeiten, bei dem wenigstens eine sensitive Oberfläche 8 eines Sensors S mit der zu messenden Flüssigkeit in Kontakt gebracht wird, der Sensor 1 durch Anlegen einer Wechselspannung in Schwingungen versetzt wird, und aus Messwerten der elektrischen Parameter, vorzugsweise Spannung und Strom, ein Viskositätswert der Flüssigkeit ermittelt wird, wobei die Flüssigkeit durch eine Heizelektrode 2 im Bereich der sensitiven Oberfläche 8 erwärmt wird.

Der Sensor S zu Viskositätsmessung kann dabei sowohl vollständig in der Flüssigkeit eingetaucht sein, als auch lediglich im Bereich der sensitiven Oberfläche 8 bzw. Oberflächen 8 von der Flüssigkeit bedeckt sein. Die Heizelektrode 2 wird durch Anlegen einer entsprechenden Heizspannung erwärmt, wodurch diese die sie umgebende Flüssigkeit erwärmt. Bevorzugt kann vorgesehen sein mittels eines Temperatursensors 26, welcher vorzugsweise in den Sensor S integriert ist, die Temperatur der Flüssigkeit zu messen.

In einer bevorzugten Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorgesehen sein, bei Erreichen einer vorgebbaren Temperatur die Erwärmung der Flüssigkeit zu unterbrechen, die elektrischen Parameter zu messen und den Viskositätswert der Flüssigkeit zu ermitteln.

Da in vielen Fällen vorgesehen sein kann nicht nur den Viskositätswert der Flüssigkeit bei einer bestimmten Temperatur zu ermitteln, kann bevorzugt vorgesehen sein, dass die Viskositätswerte der Flüssigkeit für eine Mehrzahl vorgegebbarer Temperaturen ermittelt werden.

Aus den einzelnen Viskositätswerten der Flüssigkeit bei den vorgebbaren Temperaturen kann ein Verlauf der Viskosität der Flüssigkeit über der Temperatur gebildet werden.

Eine Kombination einiger oder aller Merkmale der beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Sensors, einer Vorrichtung und/oder eines Verfahrens liegt im Rahmen der Erfindung.

Eine beliebige Kombination sämtlicher geoffenbarter Merkmale kann vorgesehen sein. Ebenfalls kann vorgesehen sein beliebige der geoffenbarten Merkmale wegzulassen.



## P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Sensor (S) zur Messung der Viskosität einer Flüssigkeit umfassend wenigstens ein, vorzugsweise als Resonator ausgeführtes, piezoelektrisches Bauelement (1) und wenigstens eine erste Anrege-Elektrode (7) und eine zweite Anrege-Elektrode (3), wobei vorzugsweise wenigstens die erste Anrege-Elektrode (7) an einer sensitiven Oberfläche (8) des Sensors (S) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Heizelektrode (2) zur Erwärmung der zu messenden Flüssigkeit vorgesehen ist.
2. Sensor (S) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Heizelektrode (2) auf oder nächst der sensitiven Oberfläche (8) des Sensors (S) angeordnet ist.
3. Sensor (S) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Heizelektrode (2) mit der ersten Anrege-Elektrode (7) einstückig ausgebildet ist.
4. Sensor (S) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Heizelektrode (2) eine, einen Mittenbereich (17), vorzugsweise eine Mitte (18), insbesondere einen Mittelpunkt (19), aufweisende, Fläche (9) aufspannt und im Betriebstemperaturbereich eine über die Fläche (9) annähernd gleichmäßige Temperaturverteilung aufweist.
5. Sensor (S) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Heizelektrode (2) eine Mäanderform aufweist.
6. Sensor (S) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Heizelektrode (2) wenigstens zwei Bereiche unterschiedlichen Widerstandes pro Längeneinheit aufweist.

7. Sensor (S) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Heizelektrode (2) wenigstens zwei Bereiche unterschiedlichen Querschnitts aufweist.
8. Sensor (S) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Widerstand pro Längeneinheit der wenigstens einen Heizelektrode (2) von deren Entfernung (E) zum Mittenbereich (17), vorzugsweise zur Mitte (18), insbesondere zum Mittelpunkt (19), abhängig ausgebildet ist.
9. Sensor (S) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Widerstand pro Längeneinheit der wenigstens einen Heizelektrode (2) vom Mittenbereich (17), vorzugsweise von der Mitte (18), insbesondere vom Mittelpunkt (19), zu einem Randbereich (12) ansteigend ausgebildet ist.
10. Sensor (S) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Temperaturmesssensor (26) vorgesehen ist.
11. Sensor (S) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Temperaturmesssensor (26) die wenigstens eine Heizelektrode (2) umfasst.
12. Sensor (S) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine der Anrege-Elektroden (3, 7) und/oder die wenigstens eine Heizelektrode (2) mit einer Isolationsschicht überzogen ist.
13. Vorrichtung zur Messung der Viskosität von Flüssigkeiten, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Sensor (S) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 vorgesehen ist.
14. Verfahren zur Messung der Viskosität von Flüssigkeiten, bei dem wenigstens eine sensitive Oberfläche (8) eines Sensors (S) mit der zu messenden Flüssigkeit in Kontakt gebracht wird, der Sensor (1) durch Anlegen einer Wechselspannung in Schwingungen versetzt wird, und aus Messwerten der elektrischen Parameter, vorzugsweise Spannung und Strom, ein Viskositätswert der Flüssigkeit ermittelt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die

Flüssigkeit durch eine Heizelektrode (2) im Bereich der sensitiven Oberfläche (8) erwärmt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur der Flüssigkeit gemessen wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Erreichen einer vorgebbaren Temperatur die Erwärmung der Flüssigkeit unterbrochen wird, die elektrischen Parameter gemessen werden und der Viskositätswert der Flüssigkeit ermittelt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Viskositätswerte der Flüssigkeit für eine Mehrzahl vorgebbare Temperaturen ermittelt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus den einzelnen Viskositätswerten der Flüssigkeit an den vorgebbaren Temperaturen ein Verlauf der Viskosität der Flüssigkeit über der Temperatur gebildet wird.

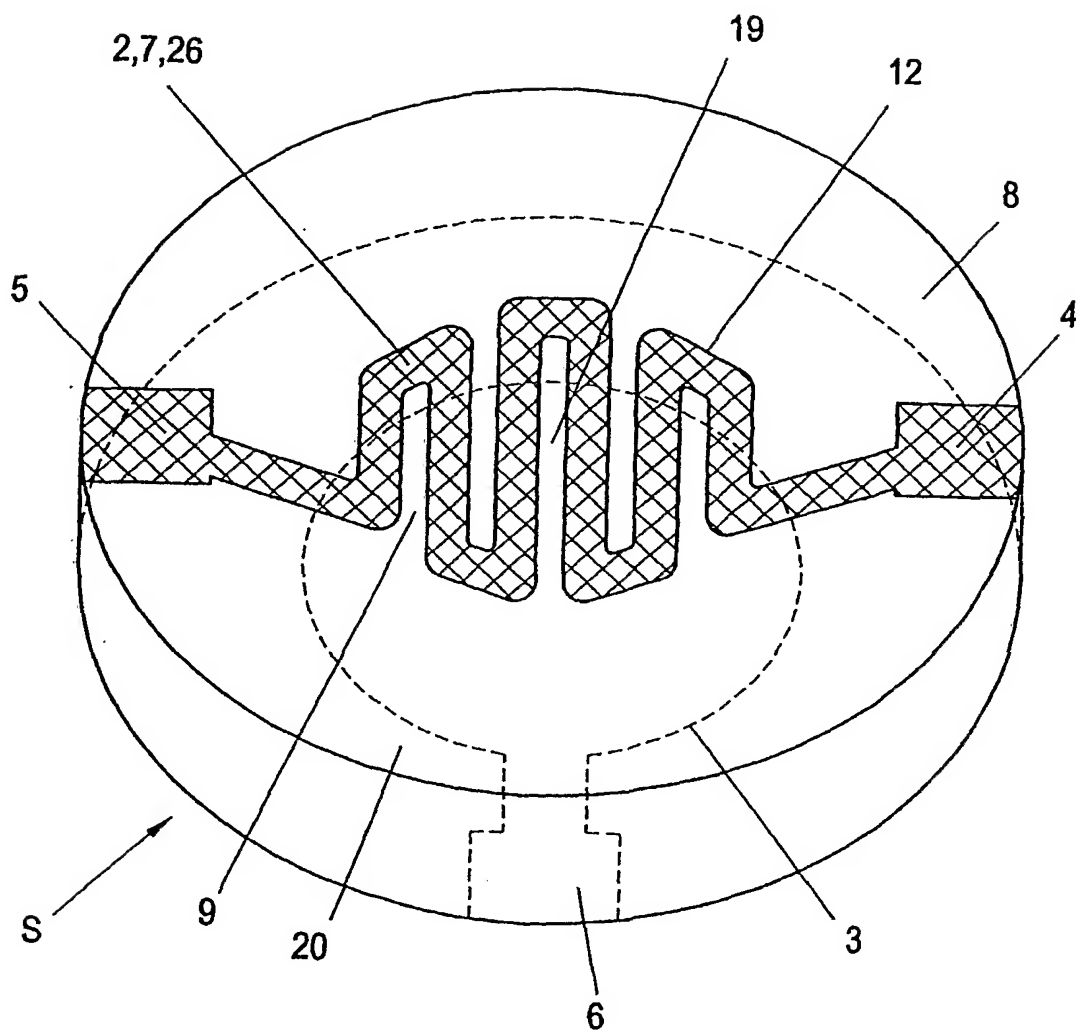


FIG. 1

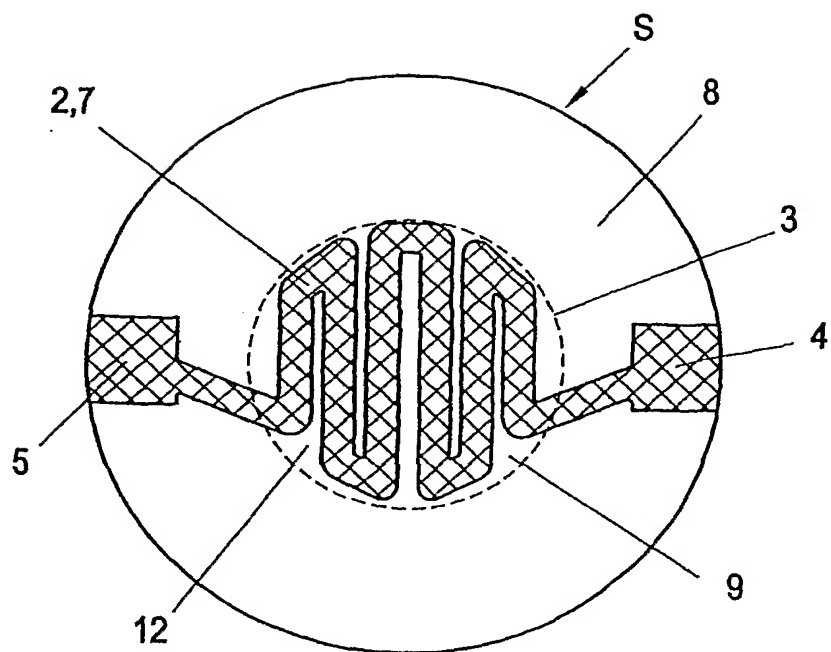


FIG. 2

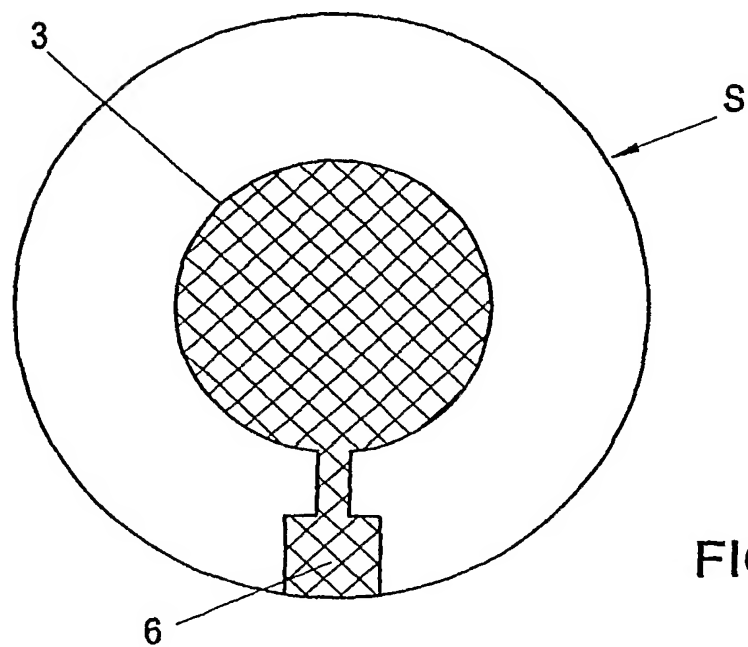


FIG. 3

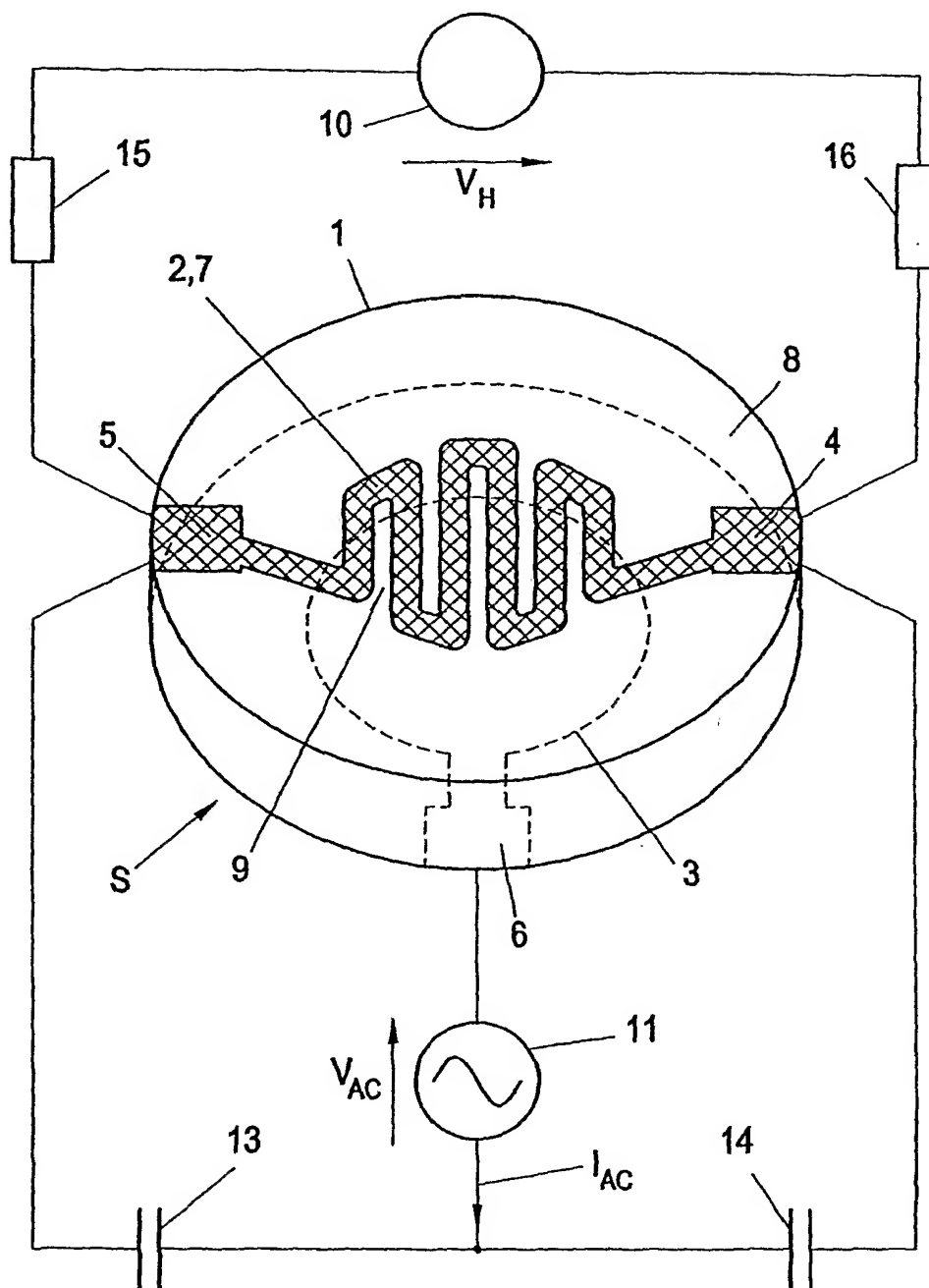


FIG. 4

4 / 8

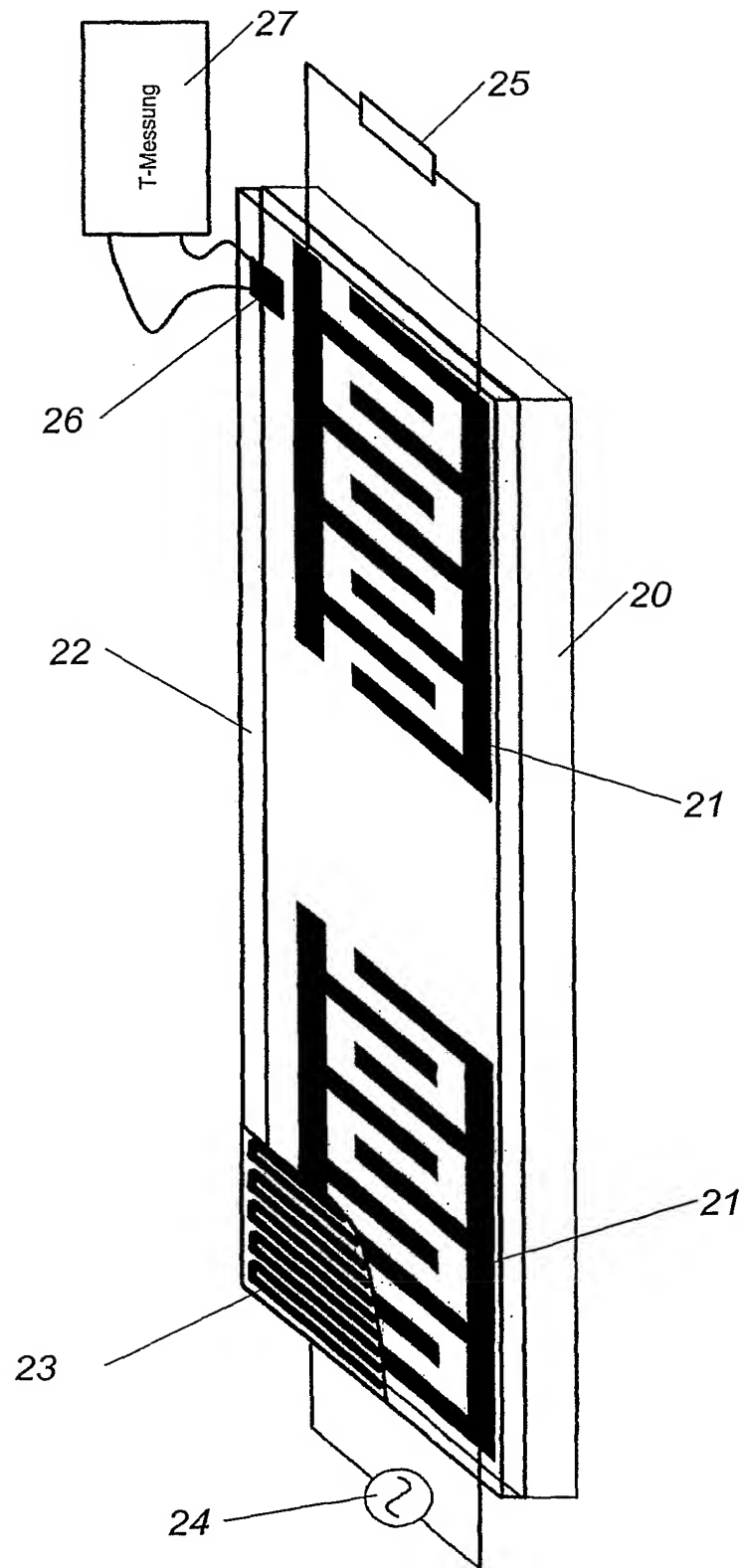


Fig. 5

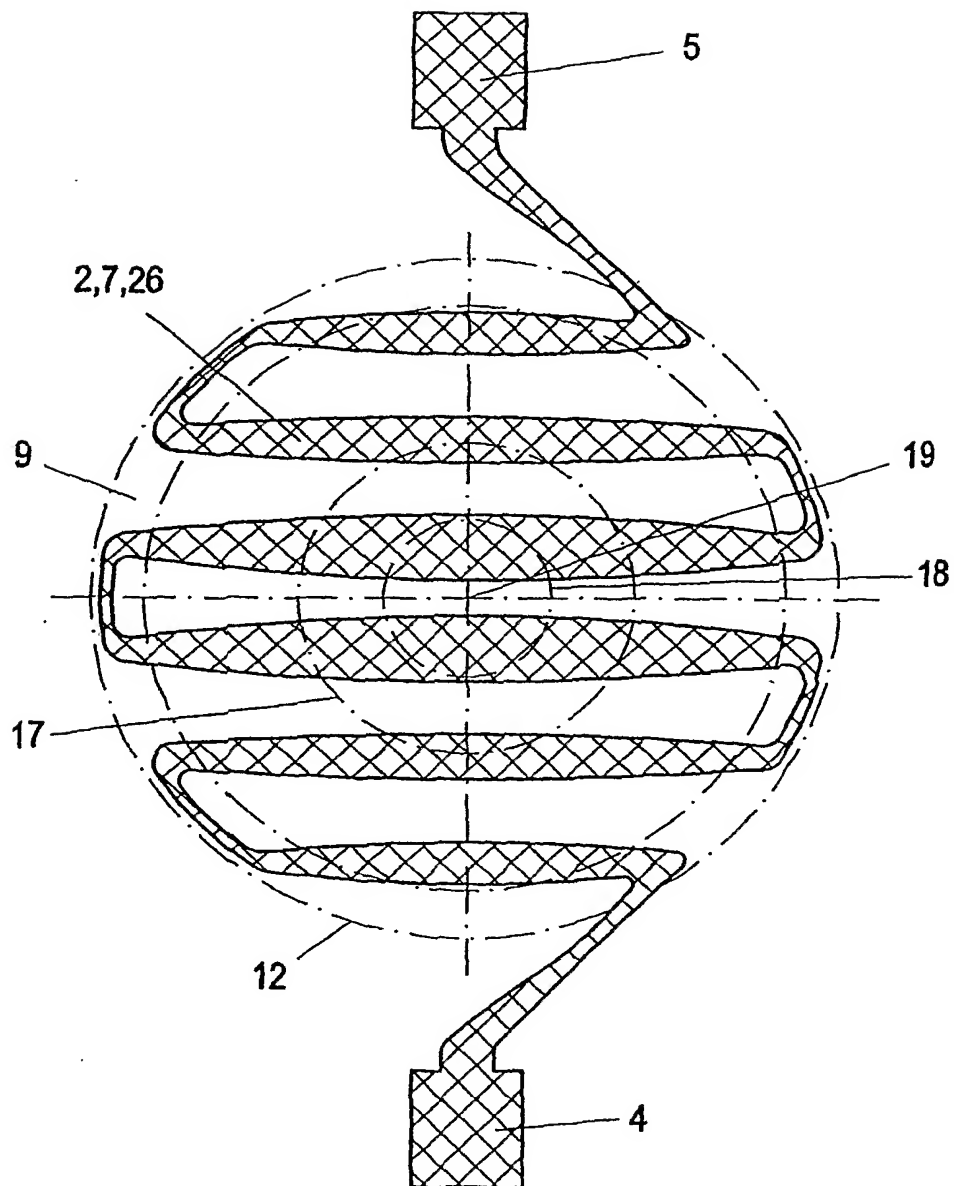


FIG. 6



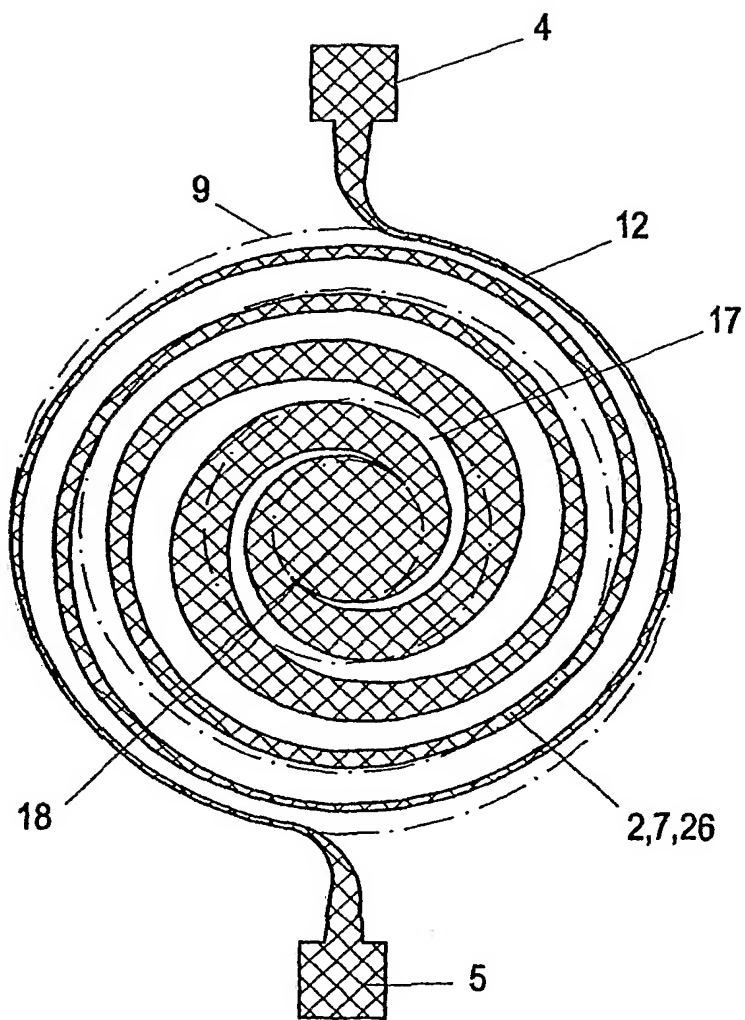


FIG. 7

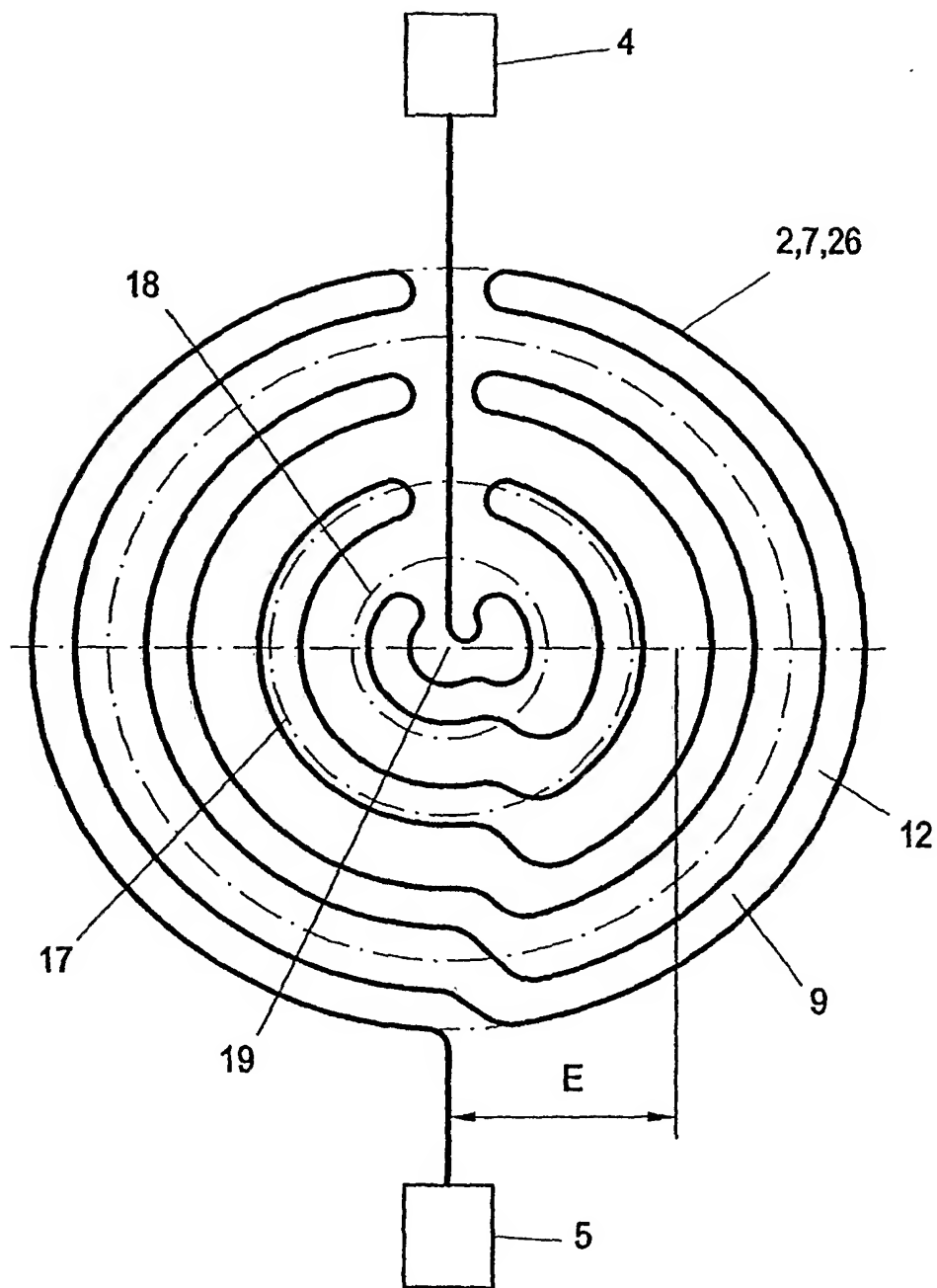


FIG. 8

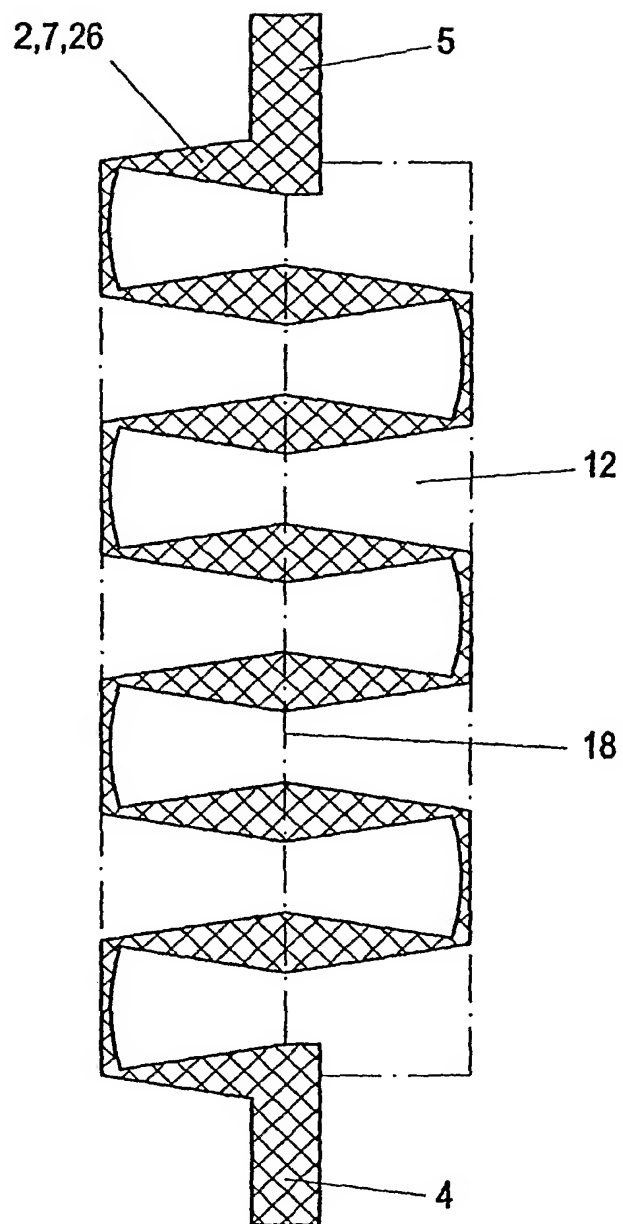


FIG. 9

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No  
 PC1/AT2004/000409

 A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 IPC 7 G01N11/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01N H03H C03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 196 44 290 A1 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.,) 7 May 1998 (1998-05-07) column 2, line 50 - line 59 column 3, line 23 - column 4, line 54; claims 1-5; figure 1	1,2,4,5, 10,11, 13-18
A	DE 199 32 601 A1 (SCHOTT GLAS) 18 January 2001 (2001-01-18) the whole document	1-18
A	EP 0 897 216 A (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.) 17 February 1999 (1999-02-17) column 3, line 38 - column 8, line 28 column 9, line 7 - column 15, line 11; claims 1,2; figures 1,2	1-18

-/--

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 May 2005

Date of mailing of the international search report

12/05/2005

Name and mailing address of the ISA

 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Weaver, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/AT2004/000409

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 714 022 A (NGK INSULATORS, LTD) 29 May 1996 (1996-05-29) abstract -----	1-18

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No  
 PCT/AT2004/000409

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19644290	A1	07-05-1998	NONE
DE 19932601	A1	18-01-2001	NONE
EP 0897216	A	17-02-1999	DE 19734706 A1 18-02-1999 EP 0897216 A2 17-02-1999
EP 0714022	A	29-05-1996	JP 3388060 B2 17-03-2003 JP 8201265 A 09-08-1996 DE 69531925 D1 20-11-2003 DE 69531925 T2 12-08-2004 EP 0714022 A2 29-05-1996 JP 2003139675 A 14-05-2003 US 5889351 A 30-03-1999

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2004/000409

A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 G01N11/16

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01N H03H C03B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 196 44 290 A1 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.,) 7. Mai 1998 (1998-05-07) Spalte 2, Zeile 50 - Zeile 59 Spalte 3, Zeile 23 - Spalte 4, Zeile 54; Ansprüche 1-5; Abbildung 1 -----	1,2,4,5, 10,11, 13-18
A	DE 199 32 601 A1 (SCHOTT GLAS) 18. Januar 2001 (2001-01-18) das ganze Dokument -----	1-18
A	EP 0 897 216 A (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.) 17. Februar 1999 (1999-02-17) Spalte 3, Zeile 38 - Spalte 8, Zeile 28 Spalte 9, Zeile 7 - Spalte 15, Zeile 11; Ansprüche 1,2; Abbildungen 1,2 ----- -/-	1-18

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. Mai 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/05/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Weaver, M

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2004/000409

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie <sup>o</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 714 022 A (NGK INSULATORS, LTD) 29. Mai 1996 (1996-05-29) Zusammenfassung -----	1-18



## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2004/000409

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19644290	A1	07-05-1998	KEINE
DE 19932601	A1	18-01-2001	KEINE
EP 0897216	A	17-02-1999	DE 19734706 A1 18-02-1999 EP 0897216 A2 17-02-1999
EP 0714022	A	29-05-1996	JP 3388060 B2 17-03-2003 JP 8201265 A 09-08-1996 DE 69531925 D1 20-11-2003 DE 69531925 T2 12-08-2004 EP 0714022 A2 29-05-1996 JP 2003139675 A 14-05-2003 US 5889351 A 30-03-1999